

**ANALISIS KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN *ASPHALT
CONCRETE* (AC) YANG DIPADATKAN MENGGUNAKAN ALAT
PEMADAT *ROLLER SLAB* (APRS)**

Tugas Akhir

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

ANDRIAN BUDHI ISTANTO

NIM : D100 070 040

NIRM : 07 06 03010 50040

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2012**

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT
CONCRETE (AC) YANG DIPADATKAN MENGGUNAKAN ALAT
PEMATAT ROLLER SLAB (APRS)

Tugas Akhir

Diajukan dan dipertahankan pada ujian pendadaran
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji
Pada Tanggal 18 Oktober 2012

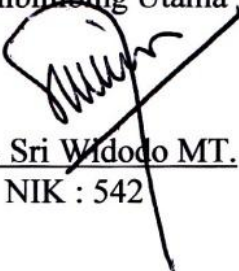
diajukan oleh :

ANDRIAN BUDHI ISTANTO

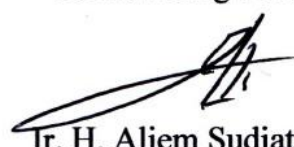
NIM : D100 070 040

NIRM : 07.06.03010.50040


Pembimbing Utama


Ir. H. Sri Widodo MT.
NIK : 542

Pembimbing Pendamping

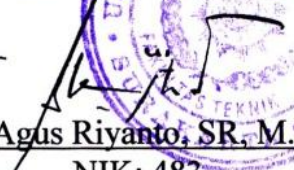

Ir. H. Aliem Sudjatmiko M.T.
NIP : 131 683 033

Anggota


H. Muslich Hartadi Susanto ST, M.T, Ph.D
NIK : 815

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil
Surakarta,.....

Dekan Fakultas Teknik


Ir. Agus Riyanto, SR, M.T
NIK: 483

Ketua Jurusan Teknik Sipil


Ir. H. Suhendro Trinugroho, M.T
NIK: 732

ANALISIS KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT CONCRETE (AC) YANG DIPADATKAN MENGGUNAKAN ALAT PEMADAT ROLLER SLAB (APRS)

ABSTRAKSI

Proses pemadatan *asphalt concrete* di lapangan biasanya dilakukan dengan menggunakan alat *tandem roller* yang prinsip kerjanya dinamis, yaitu dengan cara digilas secara berulang-ulang. Sedangkan proses pemadatan yang dilakukan di laboratorium masih menggunakan *marshall hammer* yang prinsip kerjanya dinamis yang ditumbuk berulang-ulang secara vertikal. Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS) yang telah dibuat di Laboratorium Teknik Sipil UMS, didesain untuk menyesuaikan proses pemadatan yang ada di lapangan. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah lintasan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS) dengan menghasilkan kepadatan minimal 98% dan mengetahui karakteristik *Marshall* material campuran AC (*Asphalt Concrete*) yang dipadatkan dengan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS).

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *experiment* dengan melakukan variasi jumlah lintasan dengan kepadatan yang diinginkan. Penelitian ini menggunakan 18 buah benda uji yang dipadatkan menggunakan *marshall hummer* untuk mencari nilai kadar aspal optimum dengan 6 variasi kadar aspal yaitu: 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7%; 7,5%; 8%; 8,5%; 9% (masing-masing variasi 3 sampel). Dari nilai kadar aspal optimum tersebut di buatlah 3 sampel dengan nilai *density* 100%, 99%, dan 98% yang dipadatkan menggunakan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS) untuk mengetahui berapa jumlah lintasan dari pemadatan dengan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS).

Berdasarkan hasil penelitian *Marshall Test* campuran AC (*asphalt concrete*) yang dipadatkan dengan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS) dapat disimpulkan bahwa, Jumlah lintasan yang didapat untuk memperoleh nilai kepadatan 100% sebesar 36 lintasan, sedangkan untuk kepadatan 99% sebesar 23 lintasan dan untuk kepadatan 98% sebesar 11 lintasan. Dengan jumlah lintasan sebanyak 25, 40, dan 55 lintasan tersebut diperoleh nilai stabilitas sebesar 1210 kg; 1047 kg; 993 kg; nilai *flow* sebesar 5,47 mm; 6,17 mm; 5,39 mm; nilai *density* sebesar 2,166 gr/cc; 2,207 gr/cc; 2,217 gr/cc; nilai VMA (*Void in Mineral Agregat*) diperoleh 18,619%; 16,954%; 16,596%; nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) sebesar 69,314 %; 75,996%; 78,015%; nilai VITM (*Void In The Mix*) sebesar 5,405%; 3,597%; 3,182%; dan nilai *Marshall Quotient* sebesar 227,90 kg/mm; 170,15 kg/mm; dan 184,39 kg/mm.

Kata kunci : Pemadatan, APRS, *Asphalt Concrete*, *Marshall*

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan di Indonesia sudah dikenal sejak dahulu seiring dengan peradaban manusia. Perkerasan jalan difungsikan untuk memenuhi kebutuhan hidup dan sebagai sarana untuk memperlancar transportasi darat. Proses pembuatan perkerasan juga dipengaruhi dan didukung dari berbagai aspek. Diantaranya sekarang perkerasan jalan sudah sangat mudah dibuat karena didukung oleh bahan material, SDM, dan sumber daya alat.

Dalam proses pembuatan perkerasan tidak lepas dari faktor pengujian, baik dari segi material maupun pengujian setelah sampel didapat dari hasil pengujian. Hasil pengujian ini dapat menunjukkan kualitas dan kandungan yang terkandung pada sampel perkerasan, maka nilai ini disebut *properties*. Karakteristik besarnya nilai *properties* yang didapat dari sampel perkerasan ternyata sangat ditentukan oleh proses pemadatan.

Untuk pemadat yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS). Cara kerja dari Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS) ini sama dengan di lapangan yaitu dengan cara gilas. Belum diketahui jumlah lintasan yang diperlukan untuk membuat sampel campuran AC (*Asphalt Concrete*) yang sama dengan jumlah tumbukan alat *Marshall*. Karena Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS) ini tergolong baru, maka dilakukan penelitian karakteristik sampel aspal dengan alat *Marshall* bila dipadatkan dengan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS).

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Asphalt Concrete*

Lapis beton aspal (*Asphalt Concrete*) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan butiran pengisi (*filler*), sedangkan aspal yang dipakai biasanya dari jenis aspal penetrasi 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air, bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan Direktorat Jendral Bina Marga (2010).

B. Penelitian Yang Sejenis

Berdasarkan literatur yang ada, beberapa penelitian tentang *Asphalt Concrete*, diantaranya :

- 1) Kore. (2008), melakukan penelitian tentang Observasi Karakteristik *Marshall*, Tekan dan Permeabilitas *Asphalt Concrete* dengan *Polymer Modified Bitumen*. Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan aspal starbit E 55 mampu meningkatkan sifat aspal yang diinginkan seperti ketahanan terhadap pembebanan dan deformasi serta kepekaan terhadap air pada perkerasan *Asphalt Concrete*.
- 2) Utama. (2006), meneliti Karakteristik *Asphalt Concrete* dengan *Indirect Tensile Strength Test*. Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa nilai kuat tarik terbesar untuk *Asphalt Concrete* bisa sebesar 684,391 KPa pada kadar aspal 5,43% sedangkan untuk gradasi *Asphalt Concrete* SNI sebesar 929,83 KPa pada kadar aspal 4,83%.
- 3) Kurniawan. (2010), meneliti tentang Karakteristik Lapisan Campuran Beton Aspal (*Asphalt Concrete*) Ditinjau dari Aspek *Properties Marshall*. Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa seiring bertambahnya kadar aspal menunjukkan kenaikan nilai stabilitas, *VFWA*, *flow*, dan *density*, sedangkan nilai *VITM*, dan *Marshall Quotient* makin kecil. Untuk distribusi void pada kadar aspal 6%, 7%, 9%, 10% struktur agregat pecah dan tidak rata.

C. Alat pematat

1. Alat Pematat di Lapangan

Alat pematat yang sering digunakan di lapangan adalah :

- a) *Three Wheel Roller*.
- b) *Tandem Roller*
- c) *Pneumatic Tire Roller (PTR)*.

2. Alat Pematat Laboratorium Yang Dipakai Saat ini

Menurut Sunarjono(2009), jenis alat pematat yang sekarang digunakan laboratorium dan di pelajari saat ini adalah :

- a) *Marshall Hammer*
- b) *Kneading Compactor*

- c) *Gyratory compactor*
- d) FPC (*French Plate Compactor*)
- e) *Roller Slab Compactor*

LANDASAN TEORI

A. Karakteristik *Marshall*

Sifat *marshall* yang diperoleh dari pemeriksaan alat *marshall* adalah :

- a) Stabilitas
- b) Kelelahan (*Flow*)
- c) *Marshall Quotient*
- d) *Void In The Mix (VIM)*
- e) *Void Filled With Asphalt (VFWA)*
- f) Kepadatan
- g) *Spesific Gravity* Campuran
- h) Porositas (*VIM*)

B. Alat Pemadat *Roller Slab (APRS)*

- 1) Bak kerja
- 2) Roda pemadat / *Roller*
- 3) Batang tekan dan beban
- 4) Motor penggerak
- 5) Rangka

Persiapan Alat Pemadat *Roller Slab (APRS)*

Hal–hal yang dilakukan sebelum melakukan proses pemadatan agregat dan aspal dengan Alat Pemadat *Roller Slab (APRS)*, adalah sebagai berikut:

- 1) Persiapan Pembebanan Alat Pemadat *Roller Slab (APRS)*

Kegiatan pembebanan ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa beban yang harus diterima sampel pada saat percobaan. Dan pemberian beban pada percobaan ini dengan menggunakan metode coba–coba. Metode coba–coba ini dimaksudkan untuk mencari hasil beban terbaik dalam membuat 1 sampel. Menurut pengamatan dan hasil perhitungan maka didapat pembebanan seperti Tabel III.1 berikut :

Tabel III. 1. Perhitungan Pembebanan

Berat Bandul + Wadah (kg)	Beban Total Gandar (kg)
10	322
20	382
30	442
40	502
50	562
60	622
70	682
80	742
90	802
100	862

Berat Bandul + Wadah(kg)	Beban Total Gandar (kg)
100	862
120	982
140	1102
160	1222
180	1342
200	1462
220	1582
240	1702
260	1822
280	1942
300	2062
320	2182
40	2302

(Sumber : Aliem Sudjarmiko 2012)

2) Jumlah Lintasan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS)

Setelah melakukan perencanaan dan perhitungan pembebanan. Maka dilakukan perencanaan lintasan untuk memadatkan sampel dengan menggunakan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS). Dari pengamatan dan dari perhitungan data yang sudah dihitung oleh penelitian Tugas Akhir saudara Aries.

Data-data tersebut kemudian dimasukkan kedalam konsep yang telah direncanakan. Perlu adanya kajian-kajian yang lebih lanjut untuk hasil dari penyusunan konsep desain ini agar desain yang ada menjadi lebih sempurna dan disini digunakan beberapa tahapan-tahapan sebagai proses penyusunan konsep desain alat pemadat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan didalam laboratorium untuk mendapatkan suatu data hasil penelitian dengan melalui beberapa tahap, yaitu mulai dari persiapan, pemeriksaan bahan / material yang berupa agregat halus dan agregat kasar, aspal dilanjutkan dengan perencanaan campuran, pembuatan benda uji sampai tahap pelaksanaan pengujian dengan menggunakan alat *Marshall*. Material yang digunakan adalah jenis *Asphalt Concrete* dengan aspal penetrasi 60/70. Alat pemadat yang digunakan adalah *Roller Slab*.

A. Bahan Penelitian

- 1) Agregat
- 2) Aspal

B. Peralatan Penelitian

C. Proses Jalannya Penelitian

Proses penelitian ini dilaksanakan dalam enam tahap, yaitu :

- Tahap I : Persiapan dan Pengujian bahan agregat, aspal.
- Tahap II : Perhitungan rencana campuran dan diperoleh kadar aspal optimum.
- Tahap III : Pemadatan sampel benda uji dengan APRS.
- Tahap IV : Pengambilan sampel benda uji dengan menggunakan alat *Core Drill*
dan Pengujian Karakteristik
- Tahap V : Kesimpulan dan saran

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Pemeriksaan Agregat Kasar

Proses pengujian berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, berat jenis semu dan penyerapan air pada agregat kasar dilakukan secara berurutan, dikarenakan pada pengujian tersebut memiliki kebutuhan parameter yang sama dan saling terkait. Yaitu berat benda uji kering oven, berat benda uji kering permukaan jenuh dan berat benda uji dalam air. Sehingga pengujian tersebut dapat dilakukan pada hari yang bersamaan dan menjadi satu paket pengujian. Sedangkan pengujian yang lain dilakukan berlainan waktu.

Tabel V.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar.

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Abrasi	38,84 %	Max. 40%	Memenuhi
2.	Kelekatan terhadap aspal	98%	Min. 95%	Memenuhi
3.	Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,67 gr/cc	> 2,50	Memenuhi
4.	Berat Jenis SSD	2,74gr/cc	-	Memenuhi
5	Berat Jenis semu	2,89 gr/cc	-	Memenuhi
6	Penyerapan air	2,81%	< 3	Memenuhi

2. Pemeriksaan Agregat Halus

Perbedaan pengujian masing-masing berat jenis dan penyerapan air antara agregat kasar dan agregat halus pada metode dan peralatan pengujian, sedangkan proses perhitungannya hampir sama. Selain itu tingkat ketelitian pada agregat halus lebih diperlukan dibandingkan agregat kasar. Hal tersebut dikarenakan gradasi agregat halus lebih kecil dari pada agregat kasar, sehingga material yang terbuang lebih besar kemungkinannya.

Pada Tabel V.2 di bawah ini adalah hasil pengujian agregat halus.

Tabel V.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus.

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,19gr/cc	-	
2.	Berat Jenis SSD	2,25gr/cc	-	
3.	Berat Jenis semu	2,34gr/cc	-	
4.	Penyerapan air	2,88%	< 3%	memenuhi
5	<i>Sand Equivalent</i>	56,61%	> 50%	memenuhi

3. Pemeriksaan Aspal

Pemeriksaan aspal yang digunakan untuk campuran AC - WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) adalah aspal keras dengan penetrasi 60 – 70. Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta didapat data-data terhadap aspal yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010.

Tabel V.3 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal.

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Penetrasi	65,2	60-70	memenuhi
2.	Titik lembek	48°C	≥ 48°C	memenuhi
3.	Daktilitas 25°C	1500 mm	≥ 100 mm	memenuhi
4.	Berat Jenis	1,02 gr	≥ 1,0 gr	memenuhi

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

B. Hasil Penelitian Benda Uji

Proses pengujian *Marshall* dapat dilakukan setelah seluruh persyaratan material, berat jenis, penyerapan aspal dan perkiraan kadar aspal rencana telah

terpenuhi. Sedangkan hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel V.4 di bawah ini.

Tabel V.4 Hasil Pengujian *Marshall*

Sifat <i>Marshall</i>	Kadar Aspal (%)					
	4,5	5	5,5	6	6,5	7
<i>Density</i> (gr / cc)	2,12	2,15	2,16	2,19	2,19	2,21
Stabilitas (kg)	1945,59	1401,63	435,76	1676,25	1541,55	1601,75
<i>Flow</i> (mm)	3,40	3,64	3,30	3,19	3,33	4,22
Hasil Bagi <i>Marshall</i> (MQ) (kg/mm)	574,26	385,37	435,76	532,17	463,87	388,41
(VMA) (%)	18,69	18,14	17,98	17,36	17,93	17,43
(VIM) (%)	9,48	7,81	6,57	4,77	4,35	2,67
(VFWA) (%)	48,01	55,31	61,54	70,01	73,04	81,35

Sumber : Hasil Penelitian

Hasil pengujian sifat-sifat *Marshall* yang terdapat pada Tabel V.4. juga terlihat pada Gambar V.1 di bawah ini yang menunjukkan gambar hubungan antara kadar aspal dengan karakteristik *marshall*, sebagai acuan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum.

Tabel V.5. Persyaratan *Marshall* pada AC – WC menggunakan spesifikasi Bina Marga 2010

No	Parameter <i>Marshall</i>	Satuan	Nilai
1	Stabilitas	Kg	>800
2	VMA	%	> 16
3	VIM	%	3 – 5
4	VFWA	%	>75
5	<i>Flow</i>	Mm	3 - 4
6	<i>Marshall Quotient</i>	Kg/mm	> 250

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

Tabel V.6 Propertis *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum.

No.	Propertis <i>Marshall</i> pada kadar aspal optimum	
1	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,190
2	<i>Stabilitas</i> (kg)	1366,90
3	Kelelehan (mm)	3,45
4	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	396,20
5	<i>VMA</i> (%)	17,67
6	<i>VIM</i> (%)	4,43
7	<i>VFWA</i> (%)	72,23

(Sumber : Hasil penelitian)

Nilai kepadatan 100% = 2,190 gr/cm³

Nilai kepadatan 99% = $2,190 \times \frac{99}{100} = 2,168 \text{ gr/cm}^3$

Nilai kepadatan 98% = $2,190 \times \frac{98}{100} = 2,146 \text{ gr/cm}^3$

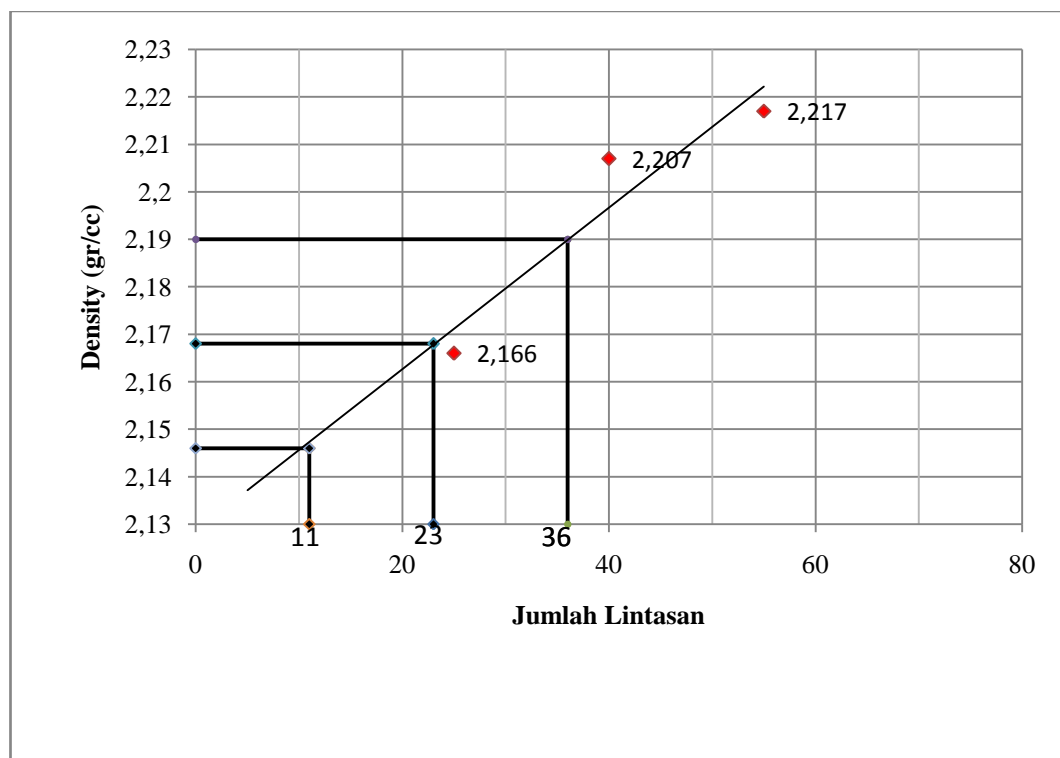
C. Kepadatan Benda Uji Minimal 98% Dari Kepadatan Di Laboratorium Dengan *Marshall*

Penelitian ini membandingkan antara kepadatan dari hasil benda uji material

campuran AC kadar aspal optimum *marshall* dengan benda uji dari kepadatan material Campuran AC yang dipadatkan dengan APRS. Variasi yang digunakan pada pemadatan ini adalah 100%, 99%, dan 98%, dan untuk mendapatkan kepadatan yang di inginkan maka digunakan percobaan jumlah lintasan pada setiap percobaan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel V. 7. Dan Gambar V. 7 berikut ini :

Percobaan	Kepadatan	lintasan	Beban bandul	Total beban gandar
1	100 %	55	40 kg	502 kg
2	99 %	40	40 kg	502 kg
3	98 %	25	40 kg	502 kg

(Sumber : Hasil penelitian)



Gambar V.7. Hubungan Jumlah Lintasan Dengan Density

1. Karakteristik Sampel

Pada penelitian ini digunakan Loyang 30 x 30 x 6,8 cm dengan variasi kepadatan yang sudah direncanakan. Setiap variasi kepadatan diambil 4 sampel dengan menggunakan *Core Drill*. Kemudian dilakukan pengambilan 2 sampel

dan dilakukan pengujian. Untuk lebih jelasnya hasil pengujian *marshall* dengan variasi kepadatan 98%, 99% dan 100% dapat dilihat pada Tabel V. 8, V. 9, dan V. 10 berikut :

Tabel V.8. Karakteristik Hasil Pengujian *Marshall* Dengan 55 Lintasan

Nama Sampel	Berat Keriting	Berat SSD	Berat Dalam Air	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)			Flow (mm)	Density (gr/cc)	VMA (%)	VFWA (%)	VIT M (%)	Marshall Quotient
					Dial	Koreksi	Koreksi Volume						
C1	1096	1118	625	6,325	62	2272,92	847,48	4,88	2,232	16,024	81,241	2,519	173,7
C2	1097	1120	627	6,325	66	2419,56	902,16	4,89	2,225	16,289	79,671	2,825	184,5
C3	1113	1131	631	6,325	72	2639,52	984,17	4,82	2,226	16,257	79,858	2,788	204,2
D1	1106	1130	628	6,325	81	2969,46	1074,19	5,92	2,199	17,280	74,212	3,976	181,5
D2	1099	1132	631	6,325	78	2859,48	1034,41	5,90	2,194	17,475	73,209	4,203	175,3
D3	1122	1138	634	6,325	84	3079,44	1113,98	5,95	2,226	16,250	79,900	2,780	187,2
Rata-rata				6,325	74	2706,73	993	5,39	2,217	16,596	78,015	3,182	184,4

(Sumber : Hasil penelitian)

Tabel V.9. Karakteristik Hasil Pengujian *Marshall* Dengan 40 Lintasan

Nama Sampe l	Berat Kerin g	Bera t SSD	Berat Dala m Air	Kada r Aspal (%)	Stabilitas (kg)			Flow (mm)	<i>Densit y</i> (gr/cc)	VMA (%)	VFW A (%)	VIT M (%)	<i>Marshall Quotient</i>
					Dia l	Koreksi	Koreksi Volume						
C1	1059	1085	604	6,325	82	3006,12	1120,86	6,59	2,188	17,686	72,153	4,447	170,1
C2	1063	1087	609	6,325	79	2896,14	1079,85	6,89	2,224	16,338	79,385	2,882	156,7
C3	1065	1093	611	6,325	89	3262,74	1216,54	6,77	2,210	16,876	76,359	3,507	179,7
D1	1036	1062	596	6,325	73	2676,18	968,10	5,23	2,214	16,720	77,213	3,327	185,1
D2	1038	1071	599	6,325	67	2456,22	888,53	5,90	2,199	17,267	74,280	3,961	150,6
D3	1039	1078	608	6,325	76	2786,16	1007,88	5,64	2,211	16,835	76,584	3,459	178,7
Rata-rata				6,325	78	2847,26	1047	6,17	2,207	16,954	75,996	3,597	170,2

(Sumber : Hasil penelitian)

Tabel V.10. Karakteristik Hasil Pengujian *Marshall* Dengan 25 Lintasan

Nama Sampel	Berat Kering	Berat SSD	Berat Dalam Air	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)			Flow (mm)	Densitas (gr/cc)	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Marshall Quotient
					Dial	Koreksi	Koreksi Volume						
C1	1076	1106	610	6,325	89	3262,74	1180,28	5,33	2,169	18,388	68,806	5,262	221,4
C2	1077	1112	613	6,325	76	2786,16	1007,88	6,89	2,158	18,803	66,944	5,744	146,3
C3	1082	1118	616	6,325	95	3482,7	1259,85	5,25	2,155	19,238	69,474	5,873	240,0
D1	1064	1096	608	6,325	95	3482,7	1298,56	4,80	2,180	17,975	70,742	4,783	270,5
D2	1065	1098	611	6,325	83	3042,78	1134,53	5,90	2,187	17,729	71,937	4,498	192,3
D3	1071	1112	613	6,325	101	3702,66	1380,57	4,65	2,146	19,578	67,979	6,269	296,9
Rata-rata				6,325	90	3293,29	1210	5,47	2,166	18,619	69,314	5,405	227,9

(Sumber : Hasil penelitian)

Dari Gambar V. 15 sampai dengan Gambar V. 26 dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase kepadatan dan jumlah lintasan untuk karakteristik *marshall* seperti stabilitas, VMA (*Void in Mineral Agregat*), VITM, dan *Marshall Quotient* diperoleh hasil yang semakin menurun dengan rincian sebagai berikut : nilai stabilitas sebesar 1210 kg; 1047 kg; 993 kg; dari hasil diperoleh nilai stabilitas menurun karena sampel yang didapat mengalami keretakan, nilai *density* sebesar 2,166 gr/cc; 2,207 gr/cc; 2,217 gr/cc; nilai VMA (*Void in Mineral Agregat*) diperoleh 18,619%; 16,954%; 16,596%; nilai VITM (*Void In The Mix*) sebesar 5,405%; 3,597%; 3,182%; dan nilai *Marshall Quotient* sebesar 227,90 kg/mm; 170,15 kg/mm; dan 184,39 kg/mm. Sedangkan untuk nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) diperoleh hasil yang semakin meningkat yaitu sebesar 69,314 %; 75,996%; 78,015%. Nilai flow yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut : 5,47 mm; 6,17 mm; 5,39 mm. Dari beberapa hasil penelitian karakteristik *marshall* tersebut dapat diketahui bahwa variasi kepadatan dan jumlah lintasan dapat mempengaruhi nilai karakteristik *marshall* yang dihasilkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian mengenai analisis kekuatan tarik material campuran AC (*Ashpalt Concrete*) menggunakan sistem pengujian *Marshall* maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah lintasan yang didapat untuk memperoleh nilai kepadatan 100% sebesar 2,190 gr/cm³. Untuk 55 lintasan diperoleh kepadatan sebesar 2,217 gr/cm³, sedangkan untuk kepadatan 99% sebesar 2,168 gr/cm³ dan 40 lintasan diperoleh kepadatan 2,207 gr/cm³ dan untuk kepadatan 98% sebesar 2,146 gr/cm³ dan untuk 25 lintasan diperoleh kepadatan 2,166 gr/cm³.
2. Pada penelitian ini, dengan jumlah lintasan sebanyak 25, 40, dan 55 lintasan diperoleh nilai stabilitas sebesar 1210 kg; 1047 kg; 993 kg; nilai *flow* sebesar 5,47 mm; 6,17 mm; 5,39 mm; nilai *density* sebesar 2,166 gr/cc; 2,207 gr/cc; 2,217 gr/cc; nilai VMA (*Void in Mineral Agregat*) diperoleh 18,619%;

16,954%; 16,596%; nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) sebesar 69,314 %; 75,996%; 78,015%; nilai VITM (*Void In The Mix*) sebesar 5,405%; 3,597%; 3,182%; dan nilai *Marshall Quotient* sebesar 227,90 kg/mm; 170,15 kg/mm; dan 184,39 kg/mm.

B. Saran

1. Alat *Marshall Test* yang digunakan yang sudah ada di laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta masih sering terjadi kerusakan pada saat proses pengujian. Diharapkan pengadaan alat *Marshall Test* yang baru dan standart untuk penelitian demi ketelitian dan kevalidan data.
2. Perlu dilakukan perbaikan ulang terhadap timbangan terutama timbangan dalam air karena hasil yang di dapat pada penimbangan di dalam air dapat mempengaruhi data yang dipakai pada saat pengolahan data.
3. Sering melakukan pengamatan di lapangan sebelum mendesain Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS). Pengamatan ini dilakukan untuk sempurnanya desain suatu Alat Pemadat skala laboratorium.
4. Mengkaji ulang tentang keamanan dalam pemakaian Alat Pemadat *Roller Slab* ini, serta pada saat proses prosedur pembuatan sampel.
5. Dukungan dan pengembangan yang lebih lanjut akan pembuatan desain Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS) dan prosedur pembuatan sampel di laboratorium dengan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS), akan bermanfaat bagi semua.

DAFTAR PUSTAKA

- Aris, 2010, *Alat Pemadat Roller Slab (APRS)*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bina Marga, 2010, *Spesifikasi Umum*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Semarang.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston) untuk jalan dan jembatan*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Erni wijayanti, 2011, *Pengaruh Temperatur PeKERASAN Terhadap Karakteristik AC-WC Menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2010*, Proposal Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Jurusan Teknik Sipil, 2001, *Pedoman Penyusunan Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum*, Direktorat Jendral Bina Marga, Semarang.
- Kore, 2008, *Observasi Karakteristik Marshall, Tekan dan Permeabilitas Asphalt Concrete (AC) dengan Polymer Modified Bitumen*, Surakarta.
- Nur Rahman, Tofik., 2010, *Analisis Karakteristik Kepadatan Campuran Aspal Agregat (Asphalt Concrete) yang dipadatkan dengan Stamper*.
- Rochmanhadi, 1992, *Kapasitas dan Produksi Alat-alat Berat*, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Sukirman, S, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung.
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta.
- Suyadharma, H., Wigroho, H. Y., 1998, *Alat-alat Berat*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Widiasmoro, Wahyu. (2012) *Studi Prosedur Pemadatan Material Asphalt Concrete (AC) Menggunakan Alat Pemadat Roller Slab (APRS)*. Surakarta.